Ueber

Verwitterungsvorgänge

bei

krystallinischen und Sedimentär-Gesteinen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

Hohen philosophischen Facultät

der

Friedrich Alexanders-Universität Erlangen

von

Curt Fiedler

aus Eibenstock in Sachsen.

München 1890.

Druck von R. Oldenbourg.

Ich erfülle an dieser Stelle die angenehme Pflicht, meinem sehr verehrten Lehrer

Herrn Hofrath Prof. Dr. Hilger

den ehrerbietigsten Dank auszusprechen für die gütige Unterstützung, welche mir von ihm bei dieser Arbeit gewährt wurde.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545809_0117

Ueber Verwitterungsvorgänge bei krystallinischem und Sedimentärgestein veröffentlichte Herr Hofrath Professor Dr. Hilger im Jahre 1879 in den „Landwirthschaftlichen Jahrbüchern“ Band I, Seite 1 eine Arbeit, in welcher zunächst die innerhalb dreier Jahre über den mechanischen Zerfall einiger Gesteine angestellten Beobachtungen niedergelegt wurden.

Für diese Untersuchungen geeignet war folgendes Material ausgewählt worden.

1. Stubensandstein vom Burgberg aus nächster Umgebung Erlangens;

2. Personatussandstein aus dem braunen Jura, einem Steinbruch des „Hetzlas“ in Franken entnommen;

3. Jurakalk, wiederum vom „Hetzlas“, direct über den Personatusschichten gelagert;

4. Glimmerschiefer, aus den Elbbergen von Munzig bei Meissen stammend.

Es wurden, wie beabsichtigt, diese Untersuchungen nach einigen Jahren im Erlanger Laboratorium für angewandte Chemie wieder aufgenommen, und die weiter beobachteten Ergebnisse im Jahre 1884 von Herrn Dr. Robert Schütze gesammelt und 1886 veröffentlicht.

Nach einem annähernd gleichen Zeitraum für den Zerfall dieser Gesteine wurde ich von meinem hochgeehrten Lehrer, Herrn Hofrath Professor Hilger mit der ferneren Untersuchung über Verwitterungsvorgänge bei diesen Gesteinen betraut.

Die chemische Zusammensetzung der Gesteine war bekannt aus quantitativen Analysen vor Beginn dieser Versuche.

Nach Verlauf von 15 Jahren nun, während welcher Zeit die Gesteine dem Einfluss von Wind und Wetter ausgesetzt waren, ist

es möglich geworden, mit Beziehung auf die früheren analytischen Untersuchungen, über den chemischen Zerfall und über die Verwitterungsproducte der Gesteine einen Ueberblick zu geben, welcher theils die früher gewonnenen Anschauungen auf's Neue bestätigt, theils aber auch neue Gesichtspunkte nächst dem bereits Beobachteten eröffnet.

Mit der ganzen Anlage dieser Versuchsreihe wurde von Anfang an beabsichtigt, wie das seiner Zeit in den „Landwirthschaftlichen Jahrbüchern" bekannt gegeben worden ist, Aufschluss über folgende Fragen zu bringen:

1. In welcher Weise findet der mechanische Zerfall statt von Gesteinsstücken möglichst gleicher Grösse und verschiedener chemischer Zusammensetzung, welche aus Material hergestellt sind, das noch nie vordem mit der Luft direct in Berührung war, und zwar bei gleichen meteorologischen Verhältnissen?

2. In welcher Weise verläuft der chemische Zerfall derselben Gesteine, welche Aenderung erleidet die chemische Zusammensetzung im Laufe des Verwitterungsprocesses?

3. Welche Wirkungen veranlassen die meteorologischen Niederschläge, Regen, Schnee etc. hinsichtlich ihrer lösenden Wirkung auf das Gestein?

Zum Erfüllen dieser Aufgabe waren schon 1875 folgende Einrichtungen getroffen worden:

Die Gesteine wurden möglichst gleichförmig zerkleinert, der Sandstein in Stücke von 10—20 mm Durchmesser, Glimmerschiefer und Jurakalk noch kleiner zerschlagen, damals, soviel es thunlich war, staubfrei in abgewogenen Mengen in Zinkkästen gleicher Grösse aufbewahrt, die wiederum im Freien in einer Abtheilung des Universitätsschlossgartens dem directen Sonnenlicht und allen Niederschlägen zugänglich aufgestellt wurden. Ein jeder dieser Zinkkästen ist mit einem leicht durchlässigen Baumwolltuch geschützt vor dem Einfallen von Staub und Russ, von verwehten Blättern und dergleichen. Unter dem Gestein befindet sich in jedem Kasten ein Sieb mit Oeffnungen von der Grösse des Knop'schen Feinerde-Siebes (1/2 mm Maschenweite), um durch das Gestein abfliessendes Wasser und etwa entstehende Feinerde durchzulassen. Die Kästen sind,

unter dem Haupttheil mit einem Schutzdach gegen das Eindringen des Regens in den unteren Behälter versehen, jeder in eine Holzumfassung eingesetzt. — Im nahe gelegenen Botanischen Garten ist die Einrichtung getroffen, dass täglich Temperatur- und Feuchtigkeitsbestimmungen der Luft, Ermittelungen der Regenmengen und auch der Windrichtungen ausgeführt und vermerkt werden.

Die ursprünglichen Gesteine, durch den Zerfall im Aussehen sehr verändert, sollen auch hier in Kurzem characterisirt werden:

Der grobkörnige weisse Stubensandstein mit vielen scharfkantigen Quarzkörnern gehört dem oberen Keuper an.

Der Personatussandstein vom „Hetzlas" findet sich zwischen Liaskalk und rothen thonigen Ablagerungen, welche vom Kalk des weissen Jura überlagert sind. Er ist gelb gefärbt, feinkörnig und lässt wenige Glimmerblättchen nur erkennen.

Der verwendete grauweisse Jurakalk stammt ebenfalls vom „Hetzlas" und ist dort unmittelbar über den Personatusschichten gelagert.

Der Glimmerschiefer, welcher zu den Untersuchungen genommen wurde, kam von den nördlichen Abhängen des sächsischen Erzgebirges.

Die auf den mechanischen Zerfall der Gesteine bezüglichen Fragen waren durch die früheren Untersuchungen so eingehend beantwortet, dass von einer weiteren Bearbeitung derselben Abstand genommen werden konnte.

Im engsten Zusammenhang mit dem mechanischen steht auch der chemische Zerfall der Gesteine, der ganz besonders durch Zersetzung einer Lockerung des die einzelnen Gesteinsbestandtheile bindenden Cementes verursacht wird. Das Resultat der bisherigen Untersuchungen in dieser Richtung ist kurz folgendes:

Um den Verlauf dieses Processes zu verfolgen, wurden die schon erwähnten Knop'schen Bodensiebe benutzt, deren Maschenweite von Sieb I mit 6,5 mm bis zur No. V mit 0,5 mm misst, und mit ihrer Hülfe festgestellt, dass den weitgehendsten Zerfall Stuben- und Personatussandstein aufweisen, bei welch' letzterem vom ursprünglichen Korn nur noch 1/3 vorhanden war nach neun Jahren. Diesem am nächsten steht der Stubensandstein, welcher Gesteinsstücke ursprünglicher Grösse nur noch etwa 1/5, Feinerde

und Schlämmmehl allerdings nur 5,5 % aufwies. Der Grund hierfür ist in dem Umstande zu suchen, dass Stubensandstein aus verhältnissmässig grossem Quarzkorn zusammengesetzt ist, welches Sieb V nicht zu passiren vermag, und sich hier und in Sieb IV mit 52 % angesammelt hatte. — Der Glimmerschiefer zeigt ein etwas abweichendes Verhalten, da sein Zerfall vorzugsweise schon in den ersten Jahren stattfand; von da ab vollzieht sich derselbe langsam, aber gleichmässig weiter, und es hatte sich nach neun Jahren 4 % Feinerde und Schlämmmehl gebildet, während vom ursprünglichen nur noch 48 % vorhanden waren. Der Jurakalk verhält sich, wie vorauszusehen war, ganz anders. Das ursprüngliche Korn zeigte nach Ablauf des erwähnten Zeitraumes nur eine Abnahme von 1,4 %, das gebildete Feinmaterial mit Einschluss der Siebrückstände V und IV nur 0,39 %.

Die so entstandenen Feinerden, und ganz besonders die Schlämmmehle sind es in erster Linie, welche die zersetzenden Einflüsse der Atmosphäre deutlich machen, und sie sind es auch vorzugsweise, welche die für die Pflanze wichtigen Nährstoffe liefern.

Die quantitative Analyse dieser Verwitterungsproducte im Vergleich mit derjenigen der ursprünglichen Gesteine veranschaulicht deutlich die Wirkungsweise des Sauerstoffs der Luft, der Kohlensäure und des Wassers. Für Erlangen aber im besonderen wurden die Einflüsse kenntlich, welche SO_2 und SO_3 veranlassten, die hier sich in der Luft durch schwefelkiessreiche Heizmaterialien und in der Stadt errichtete Hopfendarren in bemerkenswerther Menge finden. Hatte sich doch beispielsweise nach fünf Jahren in den gesammelten Niederschlägen eines Versuchskastens 0,6544 SO_3 nachweisen lassen. An den bisherigen Untersuchungen liess sich erkennen, wie das vorhandene feO in fe_2O_3 übergeführt wird. Die Silikate werden in der Weise zersetzt, dass die Alkalien zum Theil als Carbonate, zum Theil auch als saure Silikate gelöst und weggeführt werden, zum Theil wieder von den gebildeten Hydroxyden der Thonerde und des Eisens angereichert werden. Die Phosphate verschwinden gänzlich, auch die Sulfate vermindern sich, und der kohlensaure Kalk wird bedeutend gelöst. Sehr wesentlich ist die allseitige Zunahme von in Salzsäure löslichen Verbindungen, die,

wie von Dr. Schütze nachgewiesen wird, auf die Bildung hydratischer Kieselsäure schliessen lässt, und welcher Vorgang für den Aufschluss der den Pflanzen als Nährsalze wesentlichen Stoffe ebenso von Wichtigkeit ist, wie er andrerseits hauptsächlich den Zerfall der Gesteine bedingen dürfte.

Um den bei der Nahrungsaufnahme der Pflanzen sich abspielenden Vorgängen möglichst nahe zu kommen, war es angezeigt, statt Salzsäure eine schwächere Säure zu wählen, und es wurden daher die in 1 % Essigsäure löslichen Bestandtheile der Schlämmmehle zuerst aufgesucht.

Zu Anfang des Monats März 1890 wurden alle Gesteine vermittelst der Knop'schen Bodensiebe sorgfältig abgeschlemmt, und die durch das Feinerde-Sieb erhaltenen Schlämmmehle vor zufälligen Verunreinigungen geschützt, in Schaalen auf mässig erwärmtem Sandbade lufttrocken gemacht. In gleicher Weise wurden von allen Gesteinen die Rückstände aus dem Sieb V gesondert getrocknet und in verschlossenen Gläsern aufbewahrt.

Bei der Analyse der Verwitterungsproducte dieser Gesteine wurde in nachfolgender Weise verfahren:

Die lufttrocknen Gesteine wurden fein pulverisirt, gebeutelt und zunächst 24 Stunden hindurch in verschlossenen Gefässen mit 100 Theilen 1 %iger Essigsäure digerirt. Das mit dem Rückstand veraschte Filter gab, zwei Stunden lang bei Siedetemperatur mit gleichfalls 100 Theilen 10 %iger Salzsäure behandelt, einen Rückstand, der mit Flusssäure und etwas Schwefelsäure aufgeschlossen wurde. Neben diesen Theilanalysen wurde jedes Gestein vergleichshalber einer Pauschanalyse unterzogen, bei welcher die Gesammtresultate im Flusssäureaufschluss aufgesucht würden.

Durch Schmelzen mit kohlensaurem Natronkali wurde, gesondert gewogen, die Gesammtmenge der Kieselsäure bestimmt und bei Controlversuchen nach dem Abscheiden der Kieselsäure eine Filtrat Schwefelsäure als Baryumsulfat gewogen, während Phosphorsäure in keinem Gestein mehr aufzufinden war.

Der Wassergehalt wurde im getrockneten Luftstrom mit vorgelegtem gewogenen Chlorcalciumrohr im Bajonettrohr ermittelt.

Der Verbrauch an volumetrischer Permanganatlösung ergab nach dem Aufschluss des Gesteines (mit Schwefelsäure und Wasser zu gleichen Theilen) im geschlossenen Rohr den Gehalt an Eisenoxydul.

Der Kohlensäuregehalt des Jurakalkes wurde mit dem Bunsen'schen Apparat gewichtsanalytisch festgestellt.

In essigsaurer Lösung wurde, gleichwie im salzsauren Auszug Kieselsäure, Eisen, Thonerde, Kalk, Magnesia, Alkalien auf üblichem Wege bestimmt, im Flusssäureaufschluss Eisen, Thonerde, Kalk, Magnesia und Alkalien.

Eisen und Thonerde mit Ammon gefällt wurden im Gang der Analyse jeweils zusammen gewogen, der geglühte Niederschlag in Salzsäure durch Oxydation mit Kaliumchlorid gelöst, wieder gefällt und nach der Reduction durch Zink in schwefelsaurer Lösung mit Kaliumpermanganat titrimetrisch bestimmt.

Nachdem Magnesia mit frisch bereitetem, gelbem Quecksilberoxyd abgeschieden und geglüht war, wurden die Alkalien im Gesammtgewicht bestimmt, Kalium als Platindoppelsalz nochmals gewogen, Natrium durch die Differenz gefunden.

Neben den Theil- und Pauschanalysen der Schlämmmehle wurden auch Gesammtanalysen aller Feinerde-Rückstände aus Sieb V vorgenommen, in der Weise, dass aus der Kali-Natronschmelze nach dem Abscheiden der Gesammtkieselsäure Eisen, Thonerde, Kalk, Magnesia, in einem parallelen Flusssäureaufschluss die Alkalien abgeschieden und gewogen wurden. Bei diesem Pauschverfahren wurden Thonerde und Eisen gemeinsam gewogen und in Rechnung gestellt, Kohlensäure, Wasser und Schwefelsäure wiederum in gesonderten Partien aufgesucht. Phosphorsäure war auch aus diesen Producten ausgewaschen und nicht mehr nachzuweisen.

In den hier folgenden Tabellen sind die Theil- und Pauschanalysen erwähnter Gesteine unter A und B niedergelegt. Tabelle B mit den Unterabtheilungen α, β, γ, δ enthält neben den Pauschanalysen vom ursprünglichen Gestein 1875, von den Schlämmmehlen 1884 und 1890 noch je eine Uebersicht über die in Salzsäure löslichen Bestandtheile von Stuben- und Personatussandstein, von

A.

Theilanalysen in Procenten.

	Stubensandstein			Personatussandstein		
	Löslich in 1% Essigsäure	Löslich in 10% HCl	Unlöslich	Löslich in 1% Essigsäure	Löslich in 10% HCl	Unlöslich
SiO_2	0,01	1,52	50,93	0,19	0,35	43,73
Fe_2O_3	0,11	1,19	1,96	0,65	23,62	1,67
Al_2O_3	0,81	2,91	24,15	0,31	7,83	5,03
CaO	0,22	0,33	0,13	0,20	0,03	0,21
K_2O	0,42	0,46	1,80	0,42	1,20	0,73
Na_2O	0,30	0,32	2,30	0,26	0,60	0,41
SO_3	—	—	0,07	—	—	—
P_2O_5	—		—	—	—	—
H_2O	—	—	9,74	—	—	13,46
			99,68			100,90

	Jurakalk			Glimmerschiefer		
	Löslich in 1% Essigsäure	Löslich in 10% HCl	Unlöslich	Löslich in 1% Essigsäure	Löslich in 10% HCl	Unlöslich
SiO_2	0,19	0,81	1,40	0,21	1,20	46,04
Fe_2O_3	0,30	0,17	0,23	0,70	6,11	0,66
Al_2O_3	0,13	0,97	0,52	0,24	5,59	23,87
CaO	—	0,90	—	0,35	0,60	0,62
$CaCO_3$	14,00	75,09	—		—	—
MgO	—	0,00	—	0,16	0,60	0,02
$MgCO_3$	1,35	0,048	0,10	—	—	2,41
K_2O	0,08	0,01	0,12	} 0,21	0,92	—
Na_2O	0,09	0,11	0,05		0,71	1,25
SO_3	—	—	0,89	—	—	—
P_2O_5	—	—	—	—	—	—
H_2O	—	—	1,21	—	—	7,61
			99,01			100,88

Jurakalk und Glimmerschiefer. Tabelle C giebt die Pauschanalyse aus dem Feinerde-Siebrückstand (Sieb V) wieder.

Wenn nun auch die mit diesen Analysen wiedergegebenen Untersuchungen über die Verwitterungsvorgänge bei den Gesteinen

B. *α*.

Pauschanalyse in Procenten.

Stubensandstein.

	Pauschanalyse:			In HCl löslich:		
	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890
SiO_2	93,06	52,06	52,46	1,20	1,09	1,53
FeO	—	—	—	—	—	—
Fe_2O_3	0,12	2,68	3,26	0,12	1,28	1,30
Al_2O_3	3,90	27,05	27,87	0,28	3,34	3,72
CaO	0,61	1,13	0,68	0,28	0,72	0,55
$CaCo_3$	—	-	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—
$MgCO_3$	—	—	—	-	—	—
K_2O	0,27	3,38	2,68	0,21	0,89	0,88
Na_2O	0,41	3,06	2,92	0,1	0,41	0,62
SO_3	0,40	—	0,07	0,4	—	0,07
P_2O_5	0,18	0,03	—	—	—	—
H_2O	0,50	10,27	9,70	—	—	—
	99,45%	99,66%	99,64%			

B. *β*.

Pauschanalyse in Procenten.

Personatussandstein.

	Pauschanalyse:			In HCl löslich:		
	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890
SiO_2	92,15	42,83	44,27	1,12	1,38	0,54
FeO	—	—	—	—	—	—
Fe_2O_3	2,18	23,92	25,94	1,86	22,35	24,27
Al_2O_3	1,00	13,94	13,17	0,72	6,91	8,14
CaO	0,18	0,69	0,44	0,18	0,69	0,23
$CaCO_3$	—	—	—	—	—	—
MgO	—	—	—	—	—	—
$MgCO_3$	—	—	—	—	—	—
Ka_2O	1,61	1,74	2,35	0,12	0,69	1,62
Na_2O	0,57	1,07	1,27	0,16	0,35	0,86
SO_3	0,54	—	—	—	—	—
P_2O_5	0,45	0,45	—	—	—	—
H_2O	1,12	11,28	13,46	—	—	—
	99,80%	100,77%[1]	100,90%			

1) Zuzüglich 4,85% organischer Substanz.

B. γ.

Pauschanalyse in Procenten.

Jurakalk.

	Pauschanalyse:			In HCl löslich:		
	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890
SiO_2	2,51	2,35	2,40	0,04	0,01	1,00
FeO	—	—	—	—	—	—
Fe_2O_3	0,34	0,67	0,70	0,21	0,55	0,47
Al_2O_3	0,25	0,59	1,62	0,05	0,17	1,10
CaO	0,52	0,57	0,90	0,52	0,57	0,90
$CaCO_3$	90,63	90,96	89,09	90,63	90,96	89,09
MgO	—	—	—	—	—	—
$MgCO_3$	2,95	2,24	1,93	2,95	2,24	1,83
K_2O	0,39	0,43	0,21	0,09	0,41	0,09
Na_2O	0,56	0,41	0,25	0,18	0,27	0,20
SO_3	0,94	1,31	0,98	—	—	—
P_2O_5	0,40	0,20	—	—	—	—
H_2O	1,08	1,04	1,21	—	—	—
	100,48%	100,77%	99,29%			

B. δ.

Pauschanalyse in Procenten.

Glimmerschiefer.

	Pauschanalyse:			In HCl löslich:		
	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890	Ursprüngl. Gestein 1875	Schlämm-mehl 1884	Schlämm-mehl 1890
SiO_2	66,21	48,65	47,45	1,80	0,83	1,41
FeO	5,34	7,28	6,31	—	—	—
Fe_2O_3	—	—	2,16	—	—	
Al_2O_3	18,60	27,18	29,70	3,39	4,51	5,83
CaO	0,44	1,03	1,57	0,26	0,58	0,95
$CaCO_3$	—	—	—	—	—	
MgO	1,24	0,87	0,78	1,24	0,87	0,76
$MgCO_3$	—	—	—	—	—	—
K_2O	3,89	3,91	3,34	1,41	1,16	0,93
Na_2O	2,16	2,16	2,06	0,6	0,69	0,81
SO_3	0,71	—	—	—	—	—
P_2O_5	0,01	0,02	—	—	—	—
H_2O	2,04	7,91	7,61	—	—	—
	100,64%	99,01%	100,98%			

C.

Pauschanalyse der Rückstände vom Sieb V in Procenten.

	Stuben-Sandstein	Personatus-Sandstein	Jurakalk	Glimmer-schiefer
SiO_2	73,32	87,69	2,41	61,31
Al_2O_3 Fe_2O_3	14,71	4,48	1,37	24,03
CaO	1,86	0,61	0,3	0,93
$CaCO_3$	—	—	89,07	—
MgO	—	—	—	0,91
$MgCO_3$	—	—	2,45	—
K_2O	2,61	1,31	0,53	2,82
Na_2O	0,76	0,70	0,28	1,39
SO_3	—	0,31	0,86	0,1
P_2O_5	—	—	—	—
H_2O	6,89	3,83	1,23	8,31
	100,15%	98,95%	98,50%	99,80%

nicht frei von dem Einwurf gehalten werden können, dass die angestellten Versuche nicht ganz den in der Natur gegebenen Bedingungen entsprechen, dass die gemachten Beobachtungen unter Störungen der verschiedensten Art, klimatischen und lokalen Beeinflussungen entstanden sind, wenn auch zugegeben werden muss, dass Russ, schwefelige Säure der Luft, Staub und dergleichen unvermeidliche Verunreinigungen der Gesteine von Einfluss auf die Resultate der Untersuchung gewesen sind, so ist es andererseits wahrscheinlich, dass durch erwähnte Einflüsse etwa mögliche Fehlerquellen dadurch paralysirt werden, dass die früher untersuchten Materialien den gleichen Bedingungen unterlagen.

Es soll nun in der hier folgenden Uebersicht über die Verwitterungsvorgänge bei den einzelnen Gesteinen in der Weise verfahren werden, dass bei jedem derselben in erster Linie Schlämmmehl 1890 mit Schlämmmehl 1884 in Vergleich gezogen wird, um die Verwitterungsvorgänge der letzten sechs Jahre zu beleuchten, sodann aber wird ein Blick auf die Zusammensetzung des ursprünglichen Gesteins von 1875 gegenüber der Analyse des Siebrückstandes V 1890 erkennen lassen, dass auch hier trotz des noch nicht vollständigen mechanischen Zerfalles der Anfang der Verwitterung

bereits wahrnehmbar ist. Ein Vergleich der in den verschiedenen Zeitperioden durch Salzsäure gelösten Bestandtheile ein und desselben Gesteines oder vielmehr seines Schlämmmehles lässt einen Einblick in die Hydratisirung der Silikate gewinnen und schliesslich soll die Quantität der durch schwache Essigsäure gelösten Substanzen das Bild des Zerfalles der Gesteine und der Verwitterungsvorgänge hierbei vervollkommnen.

Der Stubensandstein zeigt in den Schlämmmehlen eine geringe Differenz im Kieselsäuregehalt; die Gesammtkieselsäure ist aber gegenüber dem ursprünglichen Gestein und auch gegenüber dem Siebrückstand V bedeutend geringer geworden. 93,06 % fanden sich im ursprünglichen Gestein, 52,46 im Schlämmmehl 1890, die hydratische Kieselsäure betrug 1884 1,09 %, 1890 dagegen 1,53 %.

Eisenoxyd und Thonerde sind in der Gesammtanalyse und auch in den Schlämmmehlen dadurch characterisirt, dass sie schnell zunehmen. So steigt der ursprüngliche Procentgehalt von 4,02 im Rückstand von Sieb V auf 14,71, in den Schlämmmehlen auf 29,73 bis zu 31,13. Auch in den in Salzsäure löslichen Bestandtheilen ist eine bemerkenswerthe Zunahme seit 1875 zu erkennen, die jedoch beim Eisen nicht in gleichem Maasse steigt als die Gesammtzunahme, und zwar so, dass von dem im ursprünglichen Gestein enthaltenen Eisen ein gegenüber dem Jahre 1884 noch grösserer Theil in unlösliche Verbindung übergegangen ist.

Der Kalk reichert sich gleichfalls an, nur im Schlämmmehl ist er zurückgegangen. Es finden sich da 0,68 %.

Kali ist, vom ursprünglichen Gestein ausgehend, in wachsenden Mengen aufzufinden und es ist in dem von Salzsäure gelösten Theil die gleiche Zunahme zu constatiren.

Natron steht im Einklang mit dem Kali. Bei beiden weist das Schlämmmehl 1890 wieder weniger hohe Zahlen auf. 2,92 gegen 3,06 1884.

Der Wassergehalt ist auf annähernd gleicher Höhe geblieben.

Es ist durch dieses Resultat bewiesen, dass der Zerfall des Bindemittels bedeutend vorgeschritten ist, mit demselben die Hydratisirung, die basische Natur des Schlämmmehles zugenommen hat. Die Phosphorsäure und Schwefelsäure sind vollkommen aus dem

Verwitterungsproduct verschwunden, ein Beweis, dass die Verwitterungsproducte des Stubensandsteins für die Vegetation wenig Bedeutung haben, wenn nicht Pflanzennährstoffe zugeführt werden.

Im Personatussandstein ist die Kieselsäure ganz wesentlich zurückgegangen von 92,15 % auf 42,83 % im Schlämmmehl 1884. — 1890 wieder findet sich eine kleine Zunahme, 44,27 %.

Eisen und Thonerde haben ganz wesentlich zugenommen, wie das besonders aus dem Vergleich der in Salzsäure löslichen Theile ersichtlich wird. Die Thonerde giebt in ihrer Löslichkeit keine fortschreitend sicheren Anhaltspunkte.

Der Kalk, welcher nur in geringen Mengen vorhanden, nimmt ebenfalls zu, im Schlämmmehl 1890 erfährt er eine kleine Verminderung. Er ist beinahe immer völlig in Salzsäure löslich.

Die Alkalien nehmen im Schlämmmehl des Personatussandsteins fortwährend zu; Natron von 0,56 % bis 1,27 %, Kali von 1,61 % bis 2,35 %, ganz analog auch in der Löslichkeit in Salzsäure.

Wasser nimmt mit der Verwitterung fortwährend zu, ganz besonders in den Feinproducten.

Diese Thatsachen characterisiren zweifellos die fortschreitende Aufschliessung des thonigen Bindemittels von Personatussandstein, welcher an Alkaligehalt reicher wird, da der Glimmer dieses Sandsteins an Verwitterung zunimmt und das löslich gewordene Kali-Natron, von der zeolithischen Thonmasse wieder zurückgehalten, absorbirt wird. Die Abnahme der Gesammtkieselsäure beweist die immer mehr sich vollziehende Loslösung des Thonbindemittels von den Quarzkörnern.

Der Jurakalk zeigt in seinem Hauptbestandtheil, dem Kalk, sehr geringe Schwankungen. Von 90,63 % hat er sich innerhalb 15 Jahren nur um 1½ % vermindert.

Eisen aber und Thonerde haben sich im Verhältniss vermehrt, während Magnesium immer mehr zurückgeht.

Alkalien und Wasser, die in annähernd gleichem Verhältniss geblieben, geben keine bemerkenswerthe Aenderung.

Die in Salzsäure lösliche Kieselsäure hat sich entschieden vermehrt, womit die nun gerade in den letzten Jahren erfolgte Verwitterung des Silikates im Jurakalk bewiesen wird. Interessant ist

die im Verhältniss zum kohlensauren Kalk viel schneller erfolgende Lösung und Wegführung der kohlensauren Magnesia.

Bei dem Glimmerschiefer reichert sich wesentlich das Eisenoxydul an von 5,34 % auf 7,28 % und 6,31 %.

Die Kieselsäure ist auch hier zurückgegangen. Thonerde und Eisen haben sich im Verhältniss zum ursprünglichen Gestein um etwa ⅓ vermehrt.

Magnesia geht mehr und mehr zurück.

Natron und Kali sind fast gleich geblieben, doch scheint die Löslichkeit des Kali geringer zu werden, während die des Natron allmählich zunimmt, wie das die Zahlen der Löslichkeit in Salzsäure ergeben.

Auch hier hat sich der Wassergehalt vermehrt. Der Glimmerschiefer hat demnach in den letzten 6 Jahren einen verhältnissmässig bedeutend stärkeren Zerfall erfahren als in den vorhergegangenen 9 Jahren.

Es lässt sich die Uebersicht über die Verwitterungsvorgänge bei diesen Gesteinen und die daraus für die Vegetation resultirenden Verhältnisse dahin zusammen fassen, dass Jurakalk und Glimmerschiefer, weil sie langsamer zerfallen und allmählich erst einen Boden, der für die Vegetation günstig ist, liefern, lange andauernd Pflanzennährstoffe abgeben können, während die Sandsteine durch raschen Zerfall ein vorübergehend gutes Bodenmaterial bilden, das aber bald wegen Mangels an Alkalien, Phosphorsäure und Kalk werthlos wird.